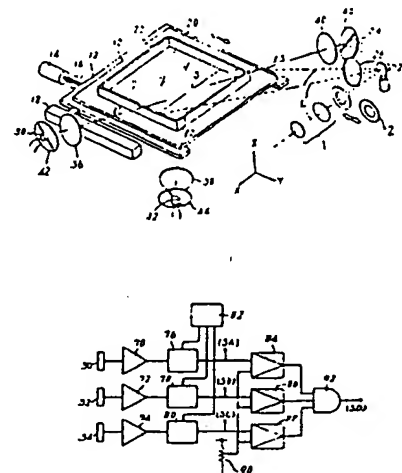


(54) FOREIGN MATTER INSPECTING DEVICE
 (1) 63-285449 (A) (43) 22.11.1988 (19) JP
 (21) Appl. No. 62-119079 (22) 18.5.1987
 (71) NIKON CORP. (72) FUMITOMO HAYANO(3)
 (51) Int. Cl. G01N21/88, G01B11/30, H01L21/30, H01L21/66

PURPOSE: To achieve inspection with a detection sensitivity corresponding to an allowable degree of a foreign matter on an object to be inspected, by varying the beam diameter according to the object being inspected.

CONSTITUTION: A laser beam L is made incident skewly onto a reticle 10 through an expander 1 and a lens 26. The reticle 10 is scanned with the laser beam L in the direction (x) while being moved in the direction (y) to accomplish a scanning over the entire surface thereof. For alteration of the diameter of the beam L on the surface to be inspected, an aperture 2 is inserted properly onto or removed from the optical axis. Outputs of photoelectric detectors 30~34 for detecting scattered light from a foreign matter are corrected with amplification factor converters 76~80 and binary-coded with comparators 84~88. ANDed values of the outputs binary coded are outputted with an AND circuit 92 to judge whether foreign matters are present.



⑫ 公開特許公報(A) 昭63-285449

⑤ Int. Cl.⁴ 識別記号 庁内整理番号 ⑬ 公開 昭和63年(1988)11月22日
 G 01 N 21/88 E-7517-2G
 G 01 B 11/30 D-8304-2F
 H 01 L 21/30 V-7376-5F
 21/66 J-6851-5F 審査請求 未請求 発明の数 1 (全9頁)

⑭ 発明の名称 異物検査装置

⑮ 特 願 昭62-119079

⑯ 出 願 昭62(1987)5月18日

⑰ 発 明 者 早 野 史 倫 東京都品川区西大井1丁目6番3号 日本光学工業株式会
 社大井製作所内
 ⑰ 発 明 者 今 村 和 則 東京都品川区西大井1丁目6番3号 日本光学工業株式会
 社大井製作所内
 ⑰ 発 明 者 村 田 す なお 東京都品川区西大井1丁目6番3号 日本光学工業株式会
 社大井製作所内
 ⑰ 発 明 者 加 藤 欣 也 東京都品川区西大井1丁目6番3号 日本光学工業株式会
 社大井製作所内
 ⑰ 出 願 人 株 式 会 社 ニ コ ン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
 ⑰ 代 理 人 弁 理 士 佐 藤 正 年

明 細 書

1. 発明の名称

異物検査装置

2. 特許請求の範囲

(1) 被検査面上に光を照射する照射手段と、該被検査面上において前記照射手段から照射された光ビームの走査を行う走査手段と、前記被検査面上に付着した異物からの散乱光を異なる位置で受光する複数の光電検出手段とを備えた異物検査装置において、

前記被検査面上における前記光ビームのビーム径を可変とするビーム径変更手段と；

前記光電検出手段の各光電信号に基づいて異物の有無及びその大きさを、異なるビーム径に対応して判定を行う判定手段とを備えたことを特徴とする異物検査装置。

(2) 前記判定手段は、前記光電検出手段の各光電信号を可変に増幅する可変増幅手段と；該可変増幅手段の増幅度を制御する制御手段と；基準電圧を発生させる基準電圧発生器と；該基準電圧発

生器の出力する基準電圧に基づいて、前記増幅度変更手段により増幅された光電信号を二値化するコンパレータと；複数の光電信号の論理積を出力する論理積演算手段とからなり、

ビーム径の変更による光量変化に対応して、前記可変増幅手段の増幅度の変更または前記基準電圧発生手段の基準電圧の変更により、前記光電信号の補正を行うものであることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の異物検査装置。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、微小なゴミ等の異物を検査する装置、特に集積回路の製造工程において用いられるフォトリソ、レチクル、半導体ウエハ等の基板上に付着した異物を検査する装置に関するものである。

〔従来の技術〕

集積回路の製造工程の1つであるフォトリソラフイ工程においては、レチクルやフォトリソ等(以下「レチクル」と称す)による回路パター

ンの半導体ウェハへの転写が行われるが、その際レチクルにゴミ等の異物が付着していると、かかる異物像が半導体ウェハに転写され、回路パターンの欠陥として現われる。その結果、製造歩留りを低下させる原因となる。従って、転写を行う前に、レチクルの表面に異物が付着しているかどうかを検査する必要がある。

かかる異物を検出する方法としては、レチクル上に例えばレーザービーム等を集光させて走査し、異物から出る散乱光を受光してその散乱信号により異物を検出する方法がある。

上記の方法によって異物を検査する場合、光をレチクルに照射すると、異物のみならずレチクルのパターンエッジからも散乱光が発生するので、これらの散乱光を区別する必要がある。この場合、パターンエッジからの散乱光は強い指向性をもっているのに対し、異物からの散乱光は比較的無指向に発生する。従って、複数の光電検出手段を所定の角度で配置し、各光電検出手段から得られる散乱信号を比較して光の指向性を判断するこ

えハ面上において露光ムラを生ずるおそれがある。また、ベリクルを使用してもレチクルに異物が付着することがある。

従って、上述のようにベリクルを使用する場合においても異物検査は必要である。

〔発明が解決しようとする問題点〕

一般に、異物の検出感度は液検査面上を走査する光ビームのビーム径に依存し、ビーム径が小さいほど検出感度が高く、小さい異物まで検出することが可能である。しかし、ビーム径が小さければ小さいほど液検査面全面をむらなくビーム走査するのに要する時間は長くなる。

従来の異物検査装置においては、レチクル面及びベリクル面を同一ビーム径すなわち同一感度により検査を行っていた。一方、ベリクル上の異物については、上述したように、比較的大きなものが付着していても半導体ウェハに転写されにくい。言い換えれば、レチクルとベリクルとでは許容される異物の大きさが異なり、ベリクルの方が大きい異物まで許容される。

とにより、パターンエッジによる散乱信号と異物による散乱信号とを区別することができる。以上のような手段を採ることにより、レチクルに付着した異物を検出することが可能となる。

一方、近年レチクルの表面上から所定間隔だけ離して異物付着防止膜（以下「ベリクル」と称す）を取り付けることにより、レチクルに異物が付着するのを防止する方法も行われている。この方法は、ベリクルを支持枠を介してレチクルの表面を被覆するようにして装着することにより、レチクル表面に直接異物が付着しないようにするものである。

このように、ベリクルを使用して露光装置による投影露光を行う場合には、ベリクルの表面上に異物が付着しても、被投影物体すなわち半導体ウェハ面上においては異物像の焦点が合わないで、かかる異物像は半導体ウェハには転写されないことになる。

しかしこの場合においても、ベリクルの表面に付着した異物が比較的大きい場合には、半導体ウ

従って、上記のような従来の異物検査装置を用いてベリクル面の検査を行う場合には、かかる検査の際に必要以上に小さな異物まで検査することになり、その結果、異物検査に必要以上に長い時間を要してしまうという問題点があった。

本発明は上記のような従来の問題点に鑑みてなされたもので、レチクル、ベリクルのいずれを検査する場合であっても、最適な検出感度及び検査時間で検査を行うことが可能な異物検査装置を提供することをその目的とする。

〔問題点を解決するための手段〕

本発明に係る異物検査装置は、液検査面上における光ビームのビーム径を変え得るビーム径変更手段と、光電検出手段の各光電信号に基づいて異物の有無及びその大きさを異なるビーム径に対応して判定を行う判定手段とを備えたことにより、上記問題点を解決したものである。

〔作用〕

本発明においては、液検査面上における光ビームのビーム径を変え得るビーム径変更手段と、光電

検出手段の各光電信号に基づいて異物の有無及びその大きさを異なるビーム径に対応して判定を行う判定手段とを備えたことにより、被検査面上におけるビーム径を被検査物に応じて変化させて検査することが可能となるので、被検査物の異物の大きさに対する許容度に応じた検出感度すなわちビーム径、及びそのビーム径に応じた走査速度により検査を行うことが可能となる。

【実施例】

以下本発明の実施例について、添付図面を参照しながら詳細に説明する。

(第一実施例)

第1図は本発明の一実施例の構成を示す斜視図である。まず、本実施例の構成及び作用について説明する。

図において、10はレチクルで、載物台12の上に周辺部のみ支えられた状態で載置されている。該レチクル10には、支持枠22を介してベリクル20が装着されている。また、前記載物台12は、モータ14と送りねじ16により、図の

方向の所定の範囲内を走査する(以下この範囲を「走査範囲S」と称す)。このとき同時にモータ14も駆動させて載物台12を移動させることにより、レーザビームLのx方向の走査速度よりも遅い速度でレチクル10をy方向に移動させる。

以上のようにして、レーザビームLをx方向に走査するとともにレチクル10をy方向に移動させることにより、レーザビームLを被検査物としてのレチクル10の全面に走査させることができる。

なお、レーザビームLのレチクル10上における照射位置については、y方向については測長器18の出力するレーザビームLのレチクル10上におけるy方向の照射位置に対応した測定値により、x方向についてはガルバノスキャナーミラー28の振れ角を検出することにより、x、yの各方向について知ることができる。

次に、被検査面上におけるレーザビームLのビーム径を変更する動作について説明する。

2はアパーチャーであり、エキスパンダー1及

x、y座標系におけるy方向に移動可能となっている。なお、前記載物台12のy方向への移動量は、例えばリニアエンコーダ等の測長器18により測定される。また、前記載物台12は、図示しない適宜手段によりx方向にも移動可能に構成されている。

次に、レーザビームLは図示しない適宜の発振手段から出力され、エキスパンダー1、集光レンズ26及びその他の光学素子により任意のビーム径に調節されて被検査対象としてのレチクル10またはベリクル20上に斜入射する。なお、該レーザビームLの入射角すなわち被検査物平面とのなす角は、該レーザビームLが支持枠22にケラれないような角、好ましくは $10^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 程度とする。

次に、レーザビームLを被検査面上で走査させる場合の動作について説明する。

上記のように出力されたレーザビームLは、走査鏡、例えばガルバノスキャナーミラー28により、被検査面、例えばレチクル10上におけるx

びガルバノスキャナーミラー28との間の光軸上に適宜挿入可能に設けられている。該アパーチャー2を前記光軸上に挿入した場合と、該アパーチャー2を挿入しない場合とで比較すると、前者の場合は集光レンズ26を透過した後における収束ビーム開口径が小さくなる。その結果、焦点上すなわち被検査面上におけるレーザビームLのビーム径が大きくなる。ビーム径の変更は以上のように、前記アパーチャー2を前記光軸上に適宜挿入または除去することによって行われる。

なお、ビーム径を変更して異なるビーム径によって検査を行う場合には、それに伴って載物台12のy方向への搬送速度を変更して検査を行うことができる。なぜなら、ビームLのx方向への1回の走査によってカバーできるy方向の走査幅がビーム系の拡大に伴って広がるため、y方向へのレチクル10の搬送速度を速めることができるからである。

以上のように、ビーム径を拡大する場合には、該載物台12の搬送速度を大きく設定することが

できる。

従って、付着した異物径に対する許容度の大きいペリクル20を被検査対象とする場合には、ビーム径を拡大して検査を行うことができるので、載物台12の搬送速度を大きくすることにより、レチクル10を被検査対象とする通常のビーム径による場合と比較して、レーザビームLをペリクル20の全面に走査させるのに要する時間が短縮される。

次に、レーザ光検出系の構成について説明する。

載物台12の上方には、被検査面上に付着した異物からの散乱光を検出するための光電検出器30、32、34が配置されている。これらの光電検出器30、32、34の光入射側には、異物からの散乱光を集光するためのレンズ36、38、40がおおの矩形形状のスリット42、44、46を介して設けられている。これらのスリット42、44、46は、被検査面上の走査範囲Sとはほぼ共役な位置に、走査範囲Sの像と合わ

次に、レンズ36、38、40の光軸 $\ell 1$ 、 $\ell 2$ 、 $\ell 3$ 及び光電検出器30、32、34の具体的配置方向について、第2図及び第3図を参照しながら説明する。

第2図は、本実施例のxy平面における構成を説明する平面図である。まず、本図を用いてXY平面における配置の方向について説明する。

図において、まず光電検出器30は、レンズ36の光軸 $\ell 1$ がレーザビームLの走査方向の延長上の適宜位置に配置されている。一方、光電検出器32、34は、レンズ38、40の光軸 $\ell 2$ 、 $\ell 3$ がレーザビームLの走査中心Qにおいて交わり、かつ各光軸の走査方向に対する方位角 ψa 、 ψb がおおの $15^\circ \sim 80^\circ$ の範囲となるように配置されている。

次に、z軸を含む平面内の配置について第3図を用いて説明する。第3図は本実施例のz軸方向の構成を示す側面図である。

まず、光電検出器30、32、34は、いずれも被検査面の上方すなわち照射面側に配置されて

せて光電検出器30、32、34と密着または近接して配置される。

上記スリットが設けられているのは、各光電検出器に迷光が入射するのを防止するためである。すなわち、被検査面、例えばレチクル10においてレーザビームLを走査させる場合、レーザビームLが支持枠22に近づいたときに、レチクル10の裏面または表面で生じた反射光がさらに支持枠22によって反射され、該反射光が光電検出器30、32、34への迷光となって露光ムラの原因となることがある。従って、かかる迷光が各光電検出器に入るのを防止する必要があり、かかる防止策として、上記矩形形状の各スリットを各光電検出器の光入射側に設け、かかる迷光が各光電検出器に入射しないようにしているものである。

なお、上記のように各光電検出器とスリットを密着または近接させた構成とせず、例えばリレー光学系を介して各光電検出器とスリットとを離した構成としてもよい。

そして、z軸を含む平面においては、レンズ36、38、40の光軸 $\ell 1$ 、 $\ell 2$ 、 $\ell 3$ の延長線は、いずれもレーザビームLの走査中心Qにおいて交わり、かつ各光軸の走査面に対する角 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ 、 $\theta 3$ がいずれも $10^\circ \sim 80^\circ$ の範囲であって、走査中心Qからほぼ等距離となる位置に配置されている。

なお、受光光学系によっては、走査中心Qから少しずれた位置に各光軸 $\ell 1$ 、 $\ell 2$ 、 $\ell 3$ の延長線が交わるように配置した方が、より有効に走査範囲S上の散乱光を受光できる場合がある。

次に、おおの被検査面上に所定のビーム径のスポットを形成する具体的操作について説明する。

まず、図示しない適宜手段により載物台12をz方向に移動し、おおの被検査対象の面上にレーザビームLの最小スポットサイズ位置がくるように調節する。

次に、レチクル10を被検査対象とするときは、アパーチャー2をエキスパンダー1とガルバ

ノスキャナーミラー28との間の光軸上以外の位置とし、ベリクル20を被検査対象とするときは、前記アパーチャー2を前記光軸上に位置させる。

なお、前記アパーチャー2の内径は、所定のビーム径となるように適宜定められる。

次に、光電検出器30、32、34の出力に基づいて異物の有無及び大きさを判断する手段について、第4図を参照しながら説明する。

第4図は、光電検出器からの光電信号を処理する信号処理手段の一例を示す回路図である。

まず、その構成について説明する。

図において、光電検出器30、32、34の出力側は、おのおの増幅器70、72、74を介して電圧制御増幅器(VCA)等の増幅度変換器76、78、80に接続されている。

また、これらの増幅度変換器76、78、80は制御器82と接続され、該制御器82により増幅度変換器76、78、80の増幅度を個別に変更できるようになっている。

場合でも、レチクル10上の位置によってその信号値が異なることになる。具体的には、同一のビーム走査線上の異物であっても、光電検出器に近い異物による光電信号の方が光電検出器から離れている異物による光電信号よりも大きくなる。

従って、このままでは各光電信号に基づいて異物の有無を判断するのに不都合であり、また信号値の大小に基づいて異物の大きさを判断することもできない。そこで、検査位置に対応して光電信号値を補正し、検査位置による変動を除去する必要がある。このため、増幅器70、72、74の出力側に増幅度変換器76、78、80をおおの設け、制御器82によって増幅度を設定変更することにより、異物の位置による光電信号値の変動を補正している。

なお、制御器82による増幅度の変更動作は、以下のシーケンスにより行う。

まず、レーザビームLのx方向への走査を開始するとともに前記制御器82の増幅動作を開始する。レーザビームLの走査中は、制御器82は増

次に、増幅度変換器76、78、80の出力側は、コンパレータ84、86、88のおおの一方の入力側に接続されている。一方、これらのコンパレータ84、86、88の他方の入力側は基準電圧発生器90と接続されており、この基準電圧発生器90によって所定の基準電圧が各コンパレータに入力されるようになっている。

上記コンパレータ84、86、88の出力側はAND回路92の入力側に接続され、このAND回路92の論理積の値が異物の検出信号として出力される。

次に、上記のような異物検出用の信号処理回路の処理動作について説明する。

まず、光電検出器30、32、34によって検出された各検出信号は、各光電検出器と被検査位置との距離によって変化するので、増幅度変換器76、78、80により各検出信号についておのおの補正を行う。

すなわち、光電検出器30、32、34の各出力光電信号は、異物の形状または大きさが同一の

増幅度変換器76、78、80の増幅度をそれぞれ被検査面上のビーム位置との距離に応じて連続的に変化させる。そして、レーザビームLのx方向の走査の終了とともに制御器82の増幅動作も終了するようにする。この一連の動作を、レーザビームLをx方向について走査を行う毎に繰り返すようにする。

なお、増幅度変換器76、78、80の増幅度及びその変更量は、光電検出器30、32、34の配置すなわち被検査面との距離によって、あらかじめ決定される。

以上のようにして各光電信号に対する増幅度の補正を行うことにより、ビームの位置による信号値の変動要因を除去することができる。

次に、検査位置による変動を補正された各検出信号は、コンパレータ84、86、88によって二値化される。

前述のように、異物による散乱光は無指向であるため、異物からの散乱光による光電検出器30、32、34の各出力光電信号はいずれも大

きな信号となる。これに対し、パターンエッジによる散乱光は指向性を有するので、光電検出器30、32、34における各出力光電信号のうち、少なくとも1つの信号は小さくなる。

そこで、各光電信号を、基準電圧発生器90の出力する基準電圧と比較し、基準電圧より大きい場合のみ出力するようにして二値化を行う。

次に、AND回路92により、各コンパレータ84、86、88によって二値化された各出力の論理積の値が出力される。この場合、コンパレータ84、86、88の全てから出力されている場合にのみAND回路92の出力が論理値の「H」レベルとなり、検出信号SDとして出力される。

従って、検出信号SDが「H」であれば異物からの散乱信号として判断し、異物の存在を検出する。検出信号SDが「L」の場合は、散乱信号が全くないか、パターンエッジからの散乱信号と判断し、異物は存在しないと判断する。

以上のようにして検出信号SDから異物の有無を判断することができる。

参照しながら説明する。第5図は、本発明の第二実施例の光学的構成部分を示す斜視図である。

本実施例においては、被検査面上でのレーザービーム径を変える手段として、倍率の異なる2つのエキスパンダー5a、5bと、レーザービームLを光路LaまたはLbに切り換えるための切り換えミラー3、4とを備えている。かかる構成部分以外の構成部分、例えばビーム走査系、受光系等は全て第一実施例と同じである。

次に、本実施例における動作について説明する。

適宜の発振手段（図示せず）から出力されたレーザービームLは、切り換えミラー3、4が光路中に挿入されていない場合には光路Laに沿って進み、エキスパンダー5aによって拡大されたのち、被検査面（例えばレチクル10上）に到達して所定のビーム径を有するスポットを形成する。これにより異物検査を行う。

次に第二の被検査面（例えばベリクル20上）の異物検査を行う場合には、図示しない適宜手段

一方、異物を検出した場合の異物の大きさの判定については、上記のように補正された増幅度変換器76、78、80の各出力信号SA、SB、SCを用いて行う。すなわち、異物の大きさと増幅度変換器76、78、80の各出力信号SA、SB、SCのうち最も小さい信号レベルとの対応関係をあらかじめ統計的に求めておき、かかるデータと実際の出力信号とを比較することにより、異物のおよその大きさを求めることができる。

ビーム径を拡大するためにアパーチャー2を使用した場合には、開口数が小さくなるとともにレーザービームLの光量が低下するので、制御器82によって増幅度変換器76、78、80の増幅度を一律に変えるか、または、基準電圧発生器90の基準電圧を変えることにより調節を行うようにする。これによってビーム径が変った場合でも、異物の検出感度（大きさ判定等）がビーム径に応じて最適に保たれる。

(第二実施例)

次に、本発明の第二実施例について、第5図を

で載物台12をZ方向に移動し、かつ2つの切り換えミラー3、4を同時にレーザービームLの光路中に挿入する。これによりレーザービームLは光路Lbに沿って進み、前記エキスパンダー5aとは倍率の異なる第二のエキスパンダー5bによって拡大されたのち、ベリクル20上に前記レチクル10上に形成したビーム径とは異なる大きさのスポットを形成し、これにより異物検査を行う。

上記の構成において、切り替えミラー3、4の動作及び倍率の異なるエキスパンダー5a、5bを用いる代りに、例えばズーム系からなる倍率可変のエキスパンダーを用いてもよい。

なお、光電検出器30、32、34によって検出される異物からの散乱光信号については、第一実施例と同じ信号処理回路すなわち第4図の回路によって処理される。

以上説明した第二実施例においては、レーザービームLの光量を損失せずに被検査面上でのビーム系を変更できるので、光量変化による光電信号の調整も必要がなく、また第一実施例の場合より

もレーザ光を有効に利用することができる。

(第三実施例)

次に、本発明の第三実施例について第6図を参照しながら説明する。本実施例は、被検査面に照射するレーザビームの焦点をずらし、結果的にビーム径を変更する手段を用いたものである。

図において各部の構成は、レンズ1a、1bによって構成されるエキスパンダーとガルバノスキャナーミラー28との間に第1図中にあったアパーチャー2が省かれていること以外は、全て第一実施例の構成と同じである。

次に、本実施例の動作を説明すると、ベリクル20面上の異物を検査する場合は、載物台12のz方向の位置は変えずに、エキスパンダーの一方のレンズ(例えばレンズ1a)を光軸上において移動させ、レーザビームLの焦点位置を変えることによってベリクル20上のビーム径を変える。

このとき、レチクル10とベリクル20とでは当然支持棒22の高さに対応して検査位置にずれが生じる。従って、この場合においては、スリッ

ト42、44、46によって散乱光がさえぎられることのないように、スリット42、44、46の幅を決める必要がある。

なお、エキスパンダーのレンズ1a、1bはいっさい動かさずに、すなわちレーザビームLの焦点位置を変えずに、載物台12をz方向に移動し、ベリクル20上で所定のビーム径になるようにしてもよい。

なお、本実施例においても、光電検出器30、32、34によって検出される異物からの散乱光信号については、第一実施例と同じ信号処理回路すなわち第4図の回路によって処理される。

【発明の効果】

本発明は以上説明した通り、光ビームの被検査面上におけるビーム径を変えるビーム径変更手段と、前記光電検出手段の各光電信号に基づいて異物の有無及びその大きさをビーム径に対応して検出する異物検出回路とを設けたことにより、被検査面上におけるビーム径を被検査物に応じて変化させて検査することが可能となるので、被検査物

の異物に対する許容度に応じた検出感度すなわちビーム径により検査を行うとともに、検査感度に応じた検査時間で検査を行うことができるので、検査対象に応じた最小限の検査時間で検査を行うことができるという効果がある。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の第一実施例の光学的構成部分を示す斜視図、第2図は第一実施例の主要部分の平面図、第3図は第一実施例の主要部分の側面図、第4図は光電信号の信号処理手段の一例を示す回路図、第5図は本発明の第二実施例の光学的構成を示す斜視図、第6図は本発明の第三実施例の光学的構成を示す斜視図である。

【主要部分の符号の説明】

1、5a、5b…エキスパンダー、1a、1b…レンズ、2…アパーチャー、3、4…切り換えミラー、10…レチクル、20…ベリクル、22…支持棒、30、32、34…光電検出器、42、44、46…スリット、L…レーザビーム

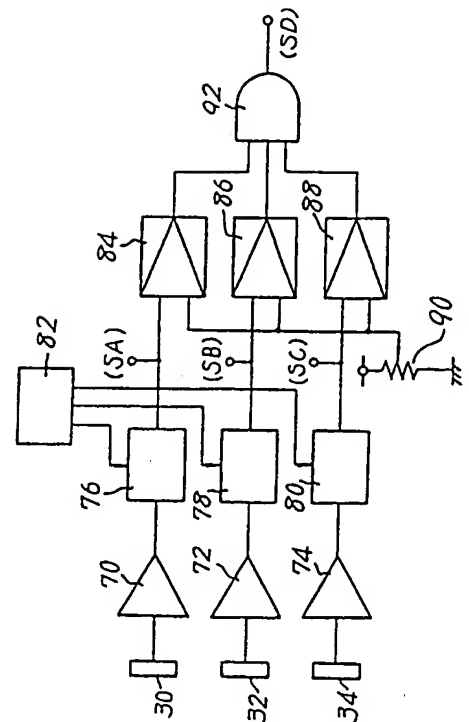
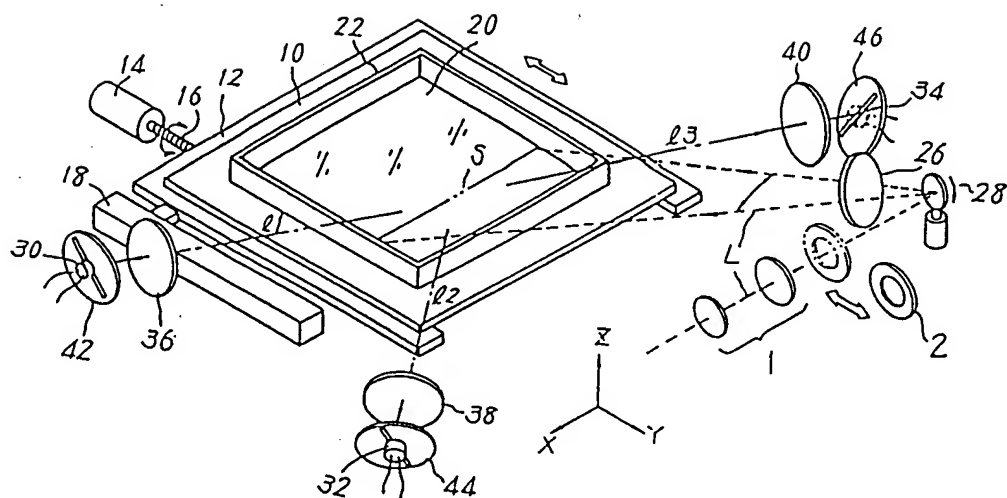
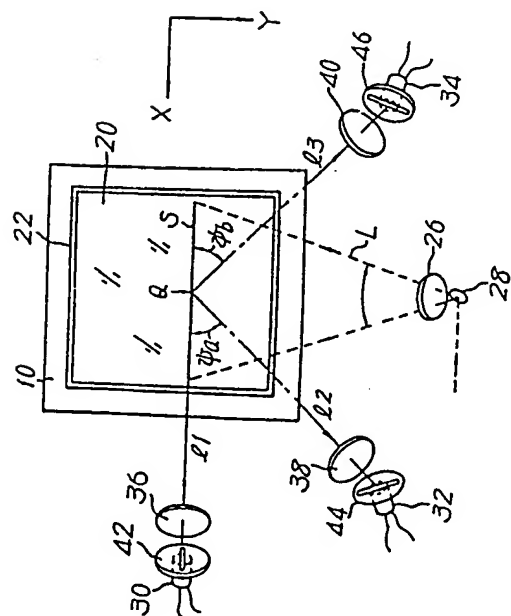


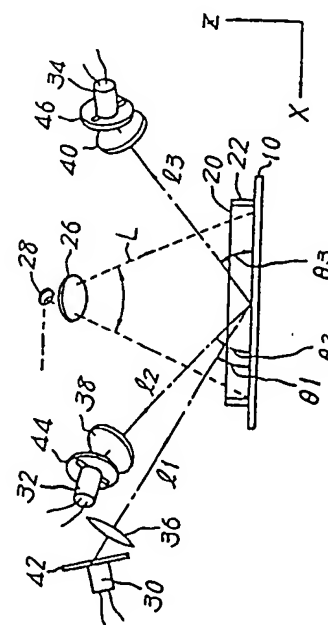
図4



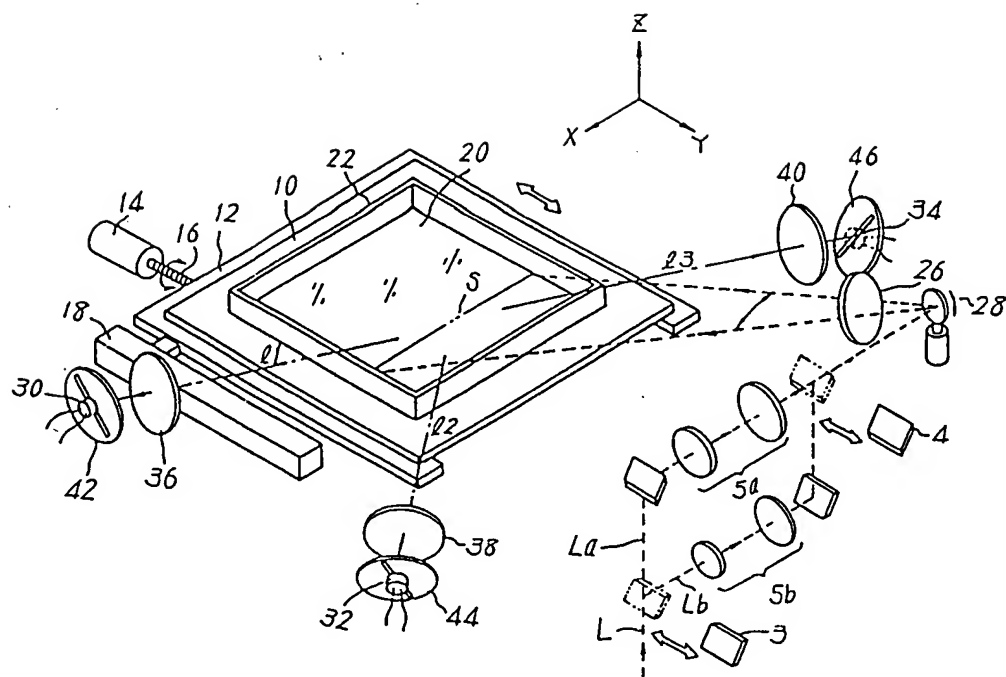
第 1 図



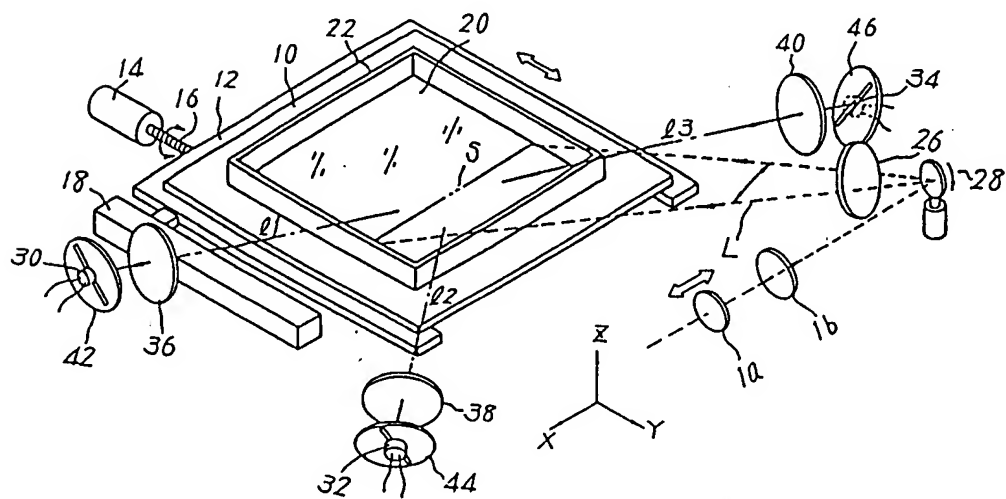
第 2 図



第 3 図



第 5 図



第 6 図

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.